



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 102 23 730 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
F 02 M 59/06

②① Aktenzeichen: 102 23 730.1
②② Anmeldetag: 28. 5. 2002
④③ Offenlegungstag: 6. 2. 2003

DE 102 23 730 A 1

③⑩ Unionspriorität:
2001-160088 29. 05. 2001 JP
2002-114610 17. 04. 2002 JP

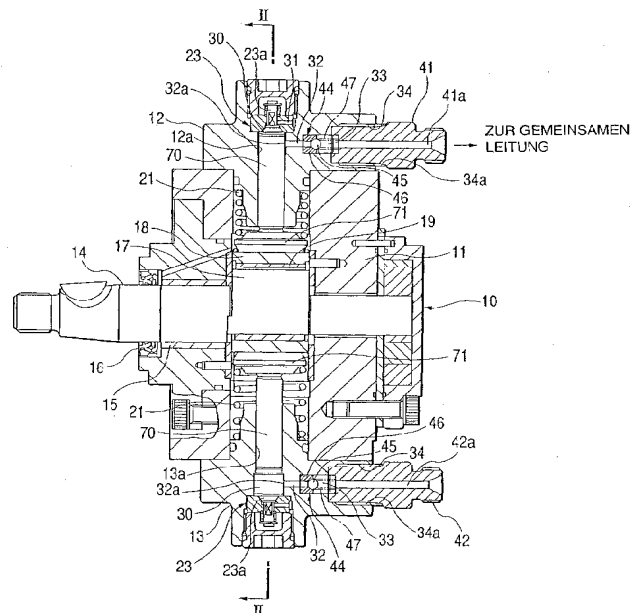
⑦① Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München

⑦② Erfinder:
Inayoshi, Naruhiko, Kariya, Aichi, JP; Oooka,
Yasuhito, Kariya, Aichi, JP; Honbo, Ryoichi, Kariya,
Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Kraftstoffeinspritzpumpe
- ⑤⑦ Ein Nockenring (18) und ein Kolben (70) haben Gleitflächen zum Gestatten einer wechselseitigen Gleitbewegung zwischen ihnen. Zumindest eine von den Gleitflächen ist mit einer ersten Vertiefungsanordnung (51) und einer zweiten Vertiefungsanordnung (52) versehen, die einander bei einem vorbestimmten Durchquerungswinkel durchqueren.



DE 102 23 730 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kraftstoffeinspritzpumpe, die mit einem Verbrennungsmotor verknüpft ist.

[0002] Eine herkömmlich bekannte Kraftstoffeinspritzpumpe hat eine Vielzahl von Kolben bzw. Tauchkolben, die in radiale Richtungen mit Bezug auf einen Nocken angeordnet sind. Eine Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer ist für jeden Kolben ausgebildet. Der Kolben verursacht eine Hin- und Herbewegung im Ansprechen auf eine Drehung des Nockens zum Druckbeaufschlagen des in der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer gespeicherten Kraftstoffs. Ein Nockenring ist zwischen jeden Kolben und den Nocken zwischen gesetzt. Die Drehbewegung einer Antriebswelle, die durch einen Verbrennungsmotor angetrieben ist, wird in die Hin- und Herbewegung des Kolbens über den Nocken und den Nockenring umgewandelt.

[0003] In der Vergangenheit war zum Verbessern der Verbrennungsmotorabgabe und des Kraftstoffverbrauchs sowie zum Verringern von Emissionen von schädlichen Substanzen, wie zum Beispiel NOx und Ruß (black smoke) eine Druckbeaufschlagung eines Einspritzkraftstoffs auf ein höheres Niveau dringend erforderlich.

[0004] Zum Erhöhen des Drucks des Einspritzkraftstoffs ist es notwendig, das Druckniveau des von einer Kraftstoffeinspritzpumpe geförderten Kraftstoffs zu erhöhen. Jedoch bringt eine Erhöhung des Druckniveaus der Einspritzpumpe eine große Last bzw. Belastung auf die jeweiligen Pumpenteile auf. Wenn insbesondere eine übermäßige Last an den Kontaktflächen (insbesondere den Gleitflächen) des Nockenrings und des Kolbens wirkt, werden diese Elemente einem Festfressen bzw. einem Zerfressen ausgesetzt.

[0005] Beispielsweise ist es zum Verbessern der Haltbarkeit der Pumpenteile gegenüber dem Festfressen möglich, eine keramische Beschichtung (beispielsweise CrN) an den Gleitflächen dieser Elemente aufzubringen. Jedoch ist die Keramikbeschichtung kostspielig und wird dies die Herstellungskosten erhöhen.

[0006] Daher ist es zum Schmieren der Gleitflächen wirksam, einen Teil des Kraftstoffs den Gleitflächen zuzuführen. Der zugeführte Kraftstoff bildet einen Ölfilm an jeder Gleitfläche.

[0007] Beispielsweise ist eine Vielzahl von parallelen Vertiefungen an einer Gleitfläche eines Pumpenteils vorgesehen, um sich senkrecht zu der Gleitrichtung zu erstrecken (es wird auf die ungeprüfte japanische Patentoffenlegungsschrift toku-hyo hei 11-514722 genommen, die der Druckschrift WO 98/09075 entspricht).

[0008] Jedoch kann gemäß dem nach diesem Stand der Technik offenbarten Vertiefungsmuster jeder Gleitabschnitt eine ausreichende Menge des Schmierkraftstoffs nicht aufnehmen und kann daher der Ölfilm nicht ausreichend ausgebildet werden.

[0009] Im Hinblick auf die vorstehend beschriebenen Probleme hat die vorliegende Erfindung die Aufgabe, eine Kraftstoffeinspritzpumpe zu schaffen, die in der Lage ist, die Bildung eines Ölfilms sicher zu stellen, der eine Gleitfläche bedeckt, und die in der Lage ist, einen Fremdstoff einfach zu entfernen, der in einer Vertiefung verbleibt bzw. festsetzt, wobei dadurch verhindert wird, dass die Gleitfläche frisst bzw. sich festfrisst, und wobei eine Druckbeaufschlagung eines höheren Niveaus eines Einspritzkraftstoffs realisiert wird.

[0010] Um die vorstehend genannte Aufgabe zu lösen sowie andere diesbezügliche Ziele zu erreichen, schafft die vorliegende Erfindung eine Kraftstoffeinspritzpumpe mit einem Pumpengehäuse, das einen Zylinder hat, der darin aus-

gebildet ist, einem bewegbaren Element, das in dem Zylinder zum Druckbeaufschlagen von in eine Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer eingeführten Kraftstoffs hin- und herbewegbar ist, einem Nocken, der gemeinsam mit einer Antriebswelle drehbar ist, und einem Nockenring, der um den Nocken herum vorgesehen ist und gleitfähig in Kontakt mit dem bewegbaren Element gebracht ist, um zu verursachen, dass sich das bewegbare Element in dem Zylinder gemäß der Drehung des Nockens hin und her bewegt. Des weiteren haben der Nockenring und das bewegbare Element gemäß dieser Erfindung Gleitflächen, um eine wechselseitige Gleitbewegung zwischen dem Nockenring und dem bewegbaren Element zu gestatten, und sind zumindest die Gleitflächen des Nockenrings oder des bewegbaren Elements mit einer ersten Vertiefungsanordnung und einer zweiten Vertiefungsanordnung versehen, die einander durchqueren.

[0011] Gemäß der Kraftstoffeinspritzpumpe der vorliegenden Erfindung ist es vorzuziehen, dass eine Vielzahl von Vertiefungsanordnungen an zumindest entweder den Gleitflächen des Nockenrings oder des bewegbaren Elements ausgebildet ist. Jede Vertiefungsanordnung besteht aus einer Vielzahl von parallelen Vertiefungen. Beispielsweise hat die erste Vertiefungsanordnung erste parallele Vertiefungen, die sich in eine Richtung erstrecken, und hat die zweite Vertiefungsanordnung zweite parallele Vertiefungen, die sich in eine andere Richtung erstrecken, die einander mit einem vorbestimmten Durchquerungswinkel schneiden. Die ersten Vertiefungen und die zweiten Vertiefungen, die sich einander mit einem vorbestimmten Durchquerungswinkel durchqueren, bilden ein Vertiefungsgittermuster mit kleinen zerschnittenen Gleitflächen.

[0012] Daher wird eine ausreichende Menge des Schmierkraftstoffs sicher jeder kleinen zerschnittenen Gleitfläche von zumindest einer von verschiedenen Richtungen zugeführt. Das treibt die Ausbildung eines Ölfilms an jeder Gleitfläche voran. Auch wenn des weiteren ein Fremdstoff in einer Vertiefung in der Nähe einer Gleitfläche verbleibt bzw. festhängt, kann der Schmierkraftstoff sicher über einen angrenzenden Umwegdurchgang zu dieser Gleitfläche zugeführt werden. Des weiteren entfernt die Strömung des Schmierkraftstoffs, die von verschiedenen Richtungen angelangt, den Fremdstoff aus der Vertiefung sanft. Dem gemäß wird es möglich, zu verhindern, dass die Gleitfläche einem Festfressen aufgrund eines Mangels an Schmierkraftstoff ausgesetzt wird. Das Kraftstoffdruckniveau der Kraftstoffeinspritzpumpe kann erhöht werden.

[0013] Es ist ebenso vorzuziehen, dass die ersten parallelen Vertiefungen der ersten Vertiefungsanordnung senkrecht zu den zweiten parallelen Vertiefungen der zweiten Vertiefungsanordnung sind.

[0014] Es ist ebenso vorzuziehen, dass eine dritte Vertiefungsanordnung, die aus dritten parallelen Vertiefungen besteht, zusätzlich zu den ersten und zweiten Vertiefungsanordnungen an zumindest entweder den Gleitflächen des Nockenrings oder des bewegbaren Elements vorgesehen ist.

[0015] Es ist ebenso vorzuziehen, dass ein Intervall (P) der parallelen Vertiefungen kleiner als ein wechselseitiger Gleitabstand (S) zwischen dem bewegbaren Element und dem Nockenring ist. Um eine gute Leistungsfähigkeit sicher zu stellen, ist es vorzuziehen, das Intervall (P) kleiner oder gleich einer Hälfte des Gleitabstands (S) zu setzen.

[0016] Es ist auch vorzuziehen, dass jede der Vertiefungsanordnungen eine Beziehung $A/(A + a) > 1/2$ erfüllt, wobei "A" eine Gesamtfläche eines nicht zur Vertiefung gehörenden Abschnitts und "a" eine Gesamtfläche der Vertiefungen darstellt.

[0017] Es ist ebenso vorzuziehen, dass jeweilige Vertiefungen, die jeweilige Vertiefungsanordnungen bilden, eine

Breite W und eine Tiefe D haben, so dass eine Beziehung $D \leq W \leq 100D$ erfüllt wird.

[0018] Darüber hinaus kann die Kraftstoffeinspritzpumpe auf ein Kraftstoffeinspritzsystem der Common-Rail-Bauart eines Dieselmotors angewendet werden.

[0019] Die vorstehend genannte Aufgabe, andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden genauen Beschreibung erkennbar, die in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen zu lesen ist.

[0020] Fig. 1 ist eine vertikale Querschnittsansicht, die die Anordnung einer Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt; [0021] Fig. 2 ist eine vertikale Querschnittsansicht, die die Anordnung der Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung entlang einer Linie II-II von Fig. 1 zeigt;

[0022] Fig. 3 ist eine vergrößerte Draufsicht, die ein Vertiefungsmuster, das an einer Endfläche eines Kolbenkopfes der Kraftstoffeinspritzpumpe ausgebildet ist, gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0023] Fig. 4A ist eine vergrößerte Ansicht, die schematisch die Ausbildung eines Ölfilms an jeder Gleitfläche des Kolbenkopfes gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0024] Fig. 4B ist eine vergrößerte Ansicht, die schematisch die Ausbildung eines Ölfilms an jeder Gleitfläche eines herkömmlichen Kolbenkopfes zeigt;

[0025] Fig. 5 ist eine perspektivische Ansicht, die die Abmessungen von Vertiefungen, die an der Endfläche des Kolbenkopfes bei der Kraftstoffeinspritzpumpe ausgebildet sind, gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0026] Fig. 6 ist eine vergrößerte Draufsicht, die ein Vertiefungsmuster, das an einer Endfläche eines Kolbenkopfes der Kraftstoffeinspritzpumpe ausgebildet ist, gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0027] Fig. 7 ist eine vergrößerte Draufsicht, die ein Vertiefungsmuster, das an einer Endfläche eines Kolbenkopfes der Kraftstoffeinspritzpumpe ausgebildet ist, gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0028] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erklärt. Identische Teile werden mit den gleichen Bezugszeichen über die Zeichnungen bezeichnet.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0029] Die Fig. 1 und 2 zeigen eine Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, die auf ein Kraftstoffeinspritzsystem der Common-Rail-Bauart eines Dieselmotors anwendbar ist.

[0030] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, hat eine Kraftstoffeinspritzpumpe 10 ein Pumpengehäuse mit einem Gehäusekörper 11 und Zylinderköpfen 12 und 13. Der Gehäusekörper 11 ist ein Aluminiumzeugnis, während die Zylinderköpfe 12 und 13 Eisen- bzw. Stahlerzeugnisse sind. Die Zylinderköpfe 12 und 13 haben Zylinder 12a und 13a, die jeweils gleitfähig einen Kolben 70 darin stützen. Die Kolben 70, die jeweils als ein bewegbares Element dienen, bewegen sich in den Zylindern 12a und 13a in radiale Richtungen bezüglich einer Antriebswelle 14. Eine Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer 30 ist durch eine Innenwandfläche des Zylinderkopfes 12 (oder 13), eine Endfläche eines Rückschlagventils 23 und eine Endfläche des Kolbens 70 definiert. Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel sind der Zylinderkopf

12 und der Zylinderkopf 13 mit dem gleichen Aufbau außer ihrer Verschraubungslöcher und Kraftstoffdurchgänge ausgebildet. Es ist jedoch möglich, den Zylinderkopf 12 und den Zylinderkopf 13 mit dem gleichen Aufbau ohne Ausnahme auszubilden.

[0031] Die Antriebswelle 14 ist drehbar durch den Gehäusekörper 11 über einen Drehzapfen 15 gestützt. Ein Zwischenraum zwischen dem Gehäusekörper 11 und der Antriebswelle 14 ist durch eine Öldichtung 16 abgedichtet. Ein Nocken 17, der einen kreisförmigen Querschnitt hat, ist einstückig mit der Antriebswelle 14 ausgebildet. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist der Nocken 17 bezüglich der Antriebswelle 14 exzentrisch. Zwei Kolben 70 sind symmetrisch einander entgegengesetzt bezüglich der Antriebswelle 14. Ein Nockenring 18 hat einen rechteckigen äußeren Aufbau hinsichtlich des Querschnitts. Eine Hülse bzw. eine Buchse 19 ist gleitfähig zwischen einer Innenfläche des Nockenrings 18 und den Nocken 17 zwischengesetzt. Eine Außenfläche des Nockenrings 18, die dem Kolben 70 gegenüber steht, und eine Endfläche eines Kolbenkopfes 71 sind mit flachen Flächen ausgebildet und in Kontakt miteinander gebracht. Die Außenfläche des Nockenrings 18 und die Endfläche des Kolbenkopfes 71 wirken zusammen, um einen Gleitabschnitt auszubilden. Das Innere des Gehäusekörpers 11 ist mit einem Kraftstoff gefüllt, der den Gleitabschnitt schmiert, der zwischen dem Nockenring 18 und dem Kolbenkopf 71 ausgebildet ist.

[0032] Der Kolben 70 ist durch den Nocken 17 über den Nockenring 18 angetrieben, um sich gemäß der Drehung der Antriebswelle hin und her zu bewegen. Der Kolben 70 beaufschlagt den Kraftstoff, der in der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer 30 eingeführt und gespeichert ist, mit Druck. Der Kraftstoff tritt in die Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer 30 über das Rückschlagventil 23 von einem Kraftstoffeinlassdurchgang 31 ein. Das Rückschlagventil 23 hat ein Ventilelement 23a, das verhindert, dass Kraftstoff zu dem Kraftstoffeinlassdurchgang 31 von der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer 30 zurückströmt.

[0033] Eine Feder 21 spannt den Kolben 70 elastisch in Richtung des Nockenrings 18 vor. Da die Kontaktflächen des Nockenrings 18 und des Kolbens 70 als flache bzw. ebene Flächen ausgebildet sind, ist eine Lagerspannung, die zwischen dem Nockenring 18 und dem Kolben 70 wirkt, gering. Des weiteren verursacht der Nockenring 18 einen Umlauf um die Antriebswelle 14 ohne eine Selbstrotation (insbesondere eine Rotation um seine Achse), wenn er relativ zu dem Nocken 17 gleitet. Somit gleiten der Nockenring 18 und der Kolben 70 wechselseitig in die rechte und die linke Richtung in Fig. 2 gemäß der Drehung des Nockens 17.

[0034] Ein Kraftstoffauslassdurchgang 32 erstreckt sich gerade bzw. geradlinig in dem Zylinderkopf 12 (oder 13). Eine stromaufwärtige Seite eines Kraftstoffauslassdurchgangs 32, die als ein Verbindungsanschluss 32a dient, öffnet sich in die Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer 30. Eine stromabwärtige Seite eines Kraftstoffauslassdurchgangs 32 ist mit einer Kraftstoffkammer 33 verbunden. Die Kraftstoffkammer 33 ist in eine axial verlängerte Bohrung ausgebildet, die eine Querschnittsfläche hat, die größer als diejenige des Kraftstoffauslassdurchgangs 32 ist. Ein Rückschlagventil 44 ist in der Kraftstoffkammer 33 angeordnet. Eine Aufnahmebohrung 34 ist an der stromabwärtigen Seite der Kraftstoffkammer 33 ausgebildet. Die Aufnahmebohrung 34 hat eine Querschnittsfläche, die größer als diejenige der Kraftstoffkammer 33 ist. Die Aufnahmebohrung 34 ist in dem Zylinderkopf 12 ausgebildet. Die Aufnahmebohrung 34 hat eine Öffnung, die als eine Kraftstofföffnung 34a dient, die an einer Außenwand des Zylinderkopfes 12 ausgebildet ist.

[0035] Ein Rohrverbindungselement **41**, das zum Verbinden eines Kraftstoffrohrs mit dem Zylinderkopf **12** verwendet wird, ist in der Aufnahmebohrung **34** des Zylinderkopfes **12** angeordnet. Das Rohrverbindungselement **41** ist in die Aufnahmebohrung **34** des Zylinderkopfes **12** eingeschraubt. Ein Kraftstoffdurchgang **41a** ist in dem Rohrverbindungselement **41** ausgebildet. Der Kraftstoffdurchgang **41a** öffnet sich in die Kraftstoffkammer **33** des Zylinderkopfes **12**. Der Kraftstoffdurchgang **41a** ist an einer Linie mit dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** ausgerichtet, der in dem Zylinderkopf **13** ausgebildet ist.

[0036] Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, ist der andere Zylinderkopf **13** an der unteren Seite des Gehäusekörpers **11** angeordnet. Ein weiteres Rohrverbindungselement **42**, das zum Verbinden eines Kraftstoffrohrs mit dem Zylinderkopf **13** verwendet wird, ist in der Aufnahmebohrung **34** des Zylinderkopfes **13** angeordnet. Das Rohrverbindungselement **42** ist in die Aufnahmebohrung **34** des Zylinderkopfes **13** verschraubt. Ein Kraftstoffdurchgang **42a** ist in dem Rohrverbindungselement **42** ausgebildet. Der Kraftstoffdurchgang **42a** öffnet sich in die Kraftstoffkammer **33** des Zylinderkopfes **13**. Der Kraftstoffdurchgang **42a** ist an einer Linie mit dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** ausgerichtet, der in dem Zylinderkopf **13** ausgebildet ist.

[0037] Das Rückschlagventil **44**, das an der stromabwärtigen Seite des Kraftstoffauslassdurchgangs **32** jedes Zylinderkopfes **12** (oder **13**) angeordnet ist, hat ein Kugelventilelement **45**, einen Ventilsitz **46** und eine Feder **47**. Der Ventilsitz **46** nimmt das Kugelventilelement **45** auf, um die Verbindung zwischen dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** und dem Kraftstoffdurchgang **41a** (oder **42a**) zu trennen, wenn das Rückschlagventil **44** sich in einem geschlossenen Zustand befindet. Die Feder **47** spannt das Kugelventilelement **45** elastisch vor, um den Kraftstoffauslassdurchgang **32** zu schließen. Das Rückschlagventil **44** verhindert, dass Kraftstoff zu der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** von der Kraftstoffkammer **33** über den Kraftstoffauslassdurchgang **32** zurückströmt. Jedes der Rohrverbindungselemente **41** und **42** ist mit einer gemeinsamen Leitung (common rail) über ein (nicht gezeigtes) Kraftstoffrohr verbunden. Der Hochdruckkraftstoff, der durch die Kraftstoffeinspritzpumpe **10** druckbeaufschlagt wird, wird der gemeinsamen Leitung (common rail) über den Kraftstoffdurchgang **41a** des Rohrverbindungselements **41** zugeführt.

[0038] Nachstehend werden Details des Kolbens **70** erklärt.

[0039] Jeder Kolben **70** hat einen Kolbenkopf **71**, der gleitfähig in Kontakt mit dem Nockenring **18** gebracht ist. Der Kolbenkopf **71** ist in einer Scheibengestalt konfiguriert. Eine Vielzahl von Vertiefungen ist an einer Endfläche (insbesondere einer Gleitfläche) **71a** des Kolbenkopfes **71** ausgebildet, die dem Nockenring **18** gegenüber steht.

[0040] Die Vielzahl der Vertiefungen wird in erste Vertiefungen **511** und zweite Vertiefungen **521** klassifiziert. Die ersten Vertiefungen **511** und die zweiten Vertiefungen **521**, die einander bei im Wesentlichen 90° durchqueren, bilden ein Vertiefungsgittermuster an der Endfläche **71a** jedes Kolbenkopfes **71** aus. Anders gesagt lassen die ersten Vertiefungen **511** und die zweiten Vertiefungen **521** zusammenwirkend eine Vielzahl von kleinen quadratischen Gleitflächen **72** übrig, die an der Endfläche **71a** jedes Kolbenkopfes **71** zerschnitten sind. Die ersten Vertiefungen **511**, die parallel zueinander angeordnet sind, bilden eine erste Vertiefungsanordnung **51**. Die zweiten Vertiefungen **521**, die parallel zueinander angeordnet sind, bilden eine zweite Vertiefungsanordnung **52**. Die ersten Vertiefungen **511** und die zweiten Vertiefungen **521** sind mit den gleichen Intervallen oder Spannweiten angeordnet. Zwei angrenzende Vertiefungen

511 und zwei angrenzende Vertiefungen **521** definieren eine kleine quadratische Gleitfläche **72**. Das Vertiefungsgittermuster, das aus der ersten Vertiefungsanordnung **51** und der zweiten Vertiefungsanordnung **52** besteht, kann durch Laserbearbeitung, durch Ätzen, durch Mikrostrahlen bzw. durch Mikrosandstrahlen, durch Mikroschneiden oder durch Rollen ausgebildet werden.

[0041] **Fig. 4A** ist eine vergrößerte Ansicht, die schematisch die Ausbildung eines Ölfilms an jeder Gleitfläche **71a** des Kolbenkopfes **71** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt. **Fig. 4B** ist eine vergrößerte Ansicht, die schematisch die Ausbildung eines Ölfilms an einer Gleitfläche eines herkömmlichen Kolbenkopfes zeigt. In jeder der **Fig. 4A** und **4B** stellt jeder schraffierte Abschnitt einen Ölfilm dar, der an der Gleitfläche **72** oder **101** ausgebildet ist, wenn der Kolbenkopf **71** in die X-Y-Richtung gleitet.

[0042] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, das in **Fig. 4A** gezeigt ist, ist jede Gleitfläche **72** ausreichend durch einen Ölfilm beschichtet, da die jeweiligen Gleitflächen **72**, die durch die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** zerschnitten sind, eine kleine quadratische Fläche aufweisen. Des weiteren kann jede Gleitfläche **72** eine ausreichende Menge des Schmierkraftstoffs, der von verschiedenen Richtungen zugeführt wird, die durch die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** definiert sind, aufnehmen. Das macht es einfach, einen Ölfilm an jeder Gleitfläche **72** auszubilden.

[0043] Beispielsweise kann ein Fremdstoff **2** einen Teil der Vertiefungen versperren oder verengen, wie in den jeweiligen **Fig. 4A** und **4B** gezeigt ist. Auch wenn gemäß diesem Ausführungsbeispiel ein Kraftstoffzufuhrdurchgang durch den Fremdstoff **2** verstopft oder blockiert ist, sieht das durch die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** gebildete Vertiefungsgittermuster einen angrenzenden Umwegdurchgang vor. Somit kann die Gleitfläche **72** sicher den Schmierkraftstoff aufnehmen, der über den Umwegdurchgang gefördert wird. Des weiteren sieht das Vertiefungsgittermuster dieses Ausführungsbeispiels verschiedene Strömungen des Schmierkraftstoffs vor, die durch die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** definiert sind. Das macht es einfach, den Fremdstoff **2** aus der Vertiefung zu entfernen. In dieser Hinsicht ist das Vertiefungsgittermuster dieses Ausführungsbeispiels widerstandsfähig gegen die Verengung bzw. die Verstopfung der Vertiefungen durch einen Fremdstoff.

[0044] Andererseits strömt gemäß der herkömmlichen Gleitfläche, die in **Fig. 4B** gezeigt ist, der Kraftstoff in nur eine Richtung und erreicht die Gleitfläche **101**. Ein Abschnitt, der von jedem Rand der Vertiefung **102** weit entfernt ist, kann keine ausreichende Kraftstoffmenge aufnehmen. Wenn der Fremdstoff **2** eine Vertiefung **102** versperrt, wird die Kraftstoffströmung in dieser Vertiefung im Wesentlichen durch diesen Fremdstoff **2** angehalten. Die Kraftstoffzufuhr zu der Gleitfläche **101** ist im Wesentlichen angehalten. Des weiteren wird der Fremdkörper **2** nicht einfach entfernt werden, wenn die Kraftstoffströmung in der verschlossenen Vertiefung **102** angehalten ist. Als Folge kann die Gleitfläche **101** einem Fressen bzw. Festfressen ausgesetzt werden.

[0045] Die ersten Vertiefungen **511**, die die erste Vertiefungsanordnung **51** bilden, und die zweiten Vertiefungen **521**, die die zweite Vertiefungsanordnung **52** bilden, erfüllen die folgenden Bedingungen:

$$P \leq S/2$$

wobei P ein Intervall oder eine Spannweite paralleler Vertie-

fungen **511** (oder **521**) darstellt, die in **Fig. 5** gezeigt sind, und **S** einen wechselseitigen Gleitabstand zwischen dem Kolben **70** und dem Nockenring **18** darstellt.

[**0046**] Der wechselseitige Gleitabstand zwischen dem Kolben **70** und dem Nockenring **18** stimmt mit einem Hub des Nockenrings **18** überein, der einen Schubabstand des Nockenrings **18** in die nach rechts und links gerichtete Richtung in **Fig. 2** darstellt. Der Nockenring **18** bewegt sich nämlich in die rechte und linke Richtung in **Fig. 2** über den Nocken **17** hin und her im Ansprechen auf die Drehung der Antriebswelle **14**. Der Kolben **70** gleitet bezüglich des Nockenrings **18**. Der Hub des Nockenrings **18**, der in die rechte und linke Richtung in **Fig. 2** schiebt, stellt den Gleitabstand **S** dar.

[**0047**] Das Festsetzen des Intervalls **P** auf kleiner oder gleich der Hälfte des Gleitabstands **S** stellt die Anwesenheit von zumindest einer Vertiefung in dem Hub des Nockenrings **18** sicher. Der Schmierkraftstoff wird der Gleitfläche **72** über die ersten Vertiefungen **511** der ersten Vertiefungsbaugruppe **51** oder über die zweiten Vertiefungen **521** der zweiten Vertiefungsanordnung **52** zugeführt.

[**0048**] Der Kolben **70** dreht sich in eine Umfangsrichtung, während der Kolben **70** bezüglich des Nockenrings **18** gleitet. Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist die Richtung der ersten Vertiefungen **511** verschieden von der Gleitrichtung. Die Richtung der zweiten Vertiefungen **521** ist ebenso von der Gleitrichtung verschieden. Daher kann jede Gleitfläche **72** sicher den Schmierkraftstoff ungeachtet der Umfangsrotation des Kolbens **70** aufnehmen.

[**0049**] Die vorstehend beschriebenen ersten und zweiten Vertiefungen **511** und **521** erfüllen eine Beziehung $A/(A+a) > 1/2$, wobei "**A**" eine Gesamtfläche von nicht zu den Vertiefungen gehörenden Abschnitten darstellt und "**a**" eine Gesamtfläche der Vertiefungen darstellt. Die Last, die senkrecht zu einer Gleitfläche wirkt, wird durch die Fläche **A** aufgenommen. Wenn die Fläche **A** zu klein ist, wird der Kontaktdruck viel zu groß und kann die Gleitfläche dem Fressen bzw. Festfressen ausgesetzt werden. Das ist der Grund, warum die ersten und zweiten Vertiefungen **511** und **521** ausgebildet sind, um die Beziehung $A/(A+a) > 1/2$ zu erfüllen.

[**0050**] Des weiteren erfüllen eine Vertiefungsbreite **W** und eine Vertiefungstiefe **D** die Beziehung $D \leq W \leq 100D$. Nach den Erfindern dieser Anmeldung kann der Mechanismus des Ausbildens eines Ölfilms an einer ebenen Gleitfläche mit Vertiefungen wie folgt erklärt werden.

[**0051**] Während eines Ausgangsbetriebsvorgangs einer Kraftstoffeinspritzpumpe im Startzustand (green-state) wird die Vertiefung geringfügig an ihrem Rand abgetragen, um einen Keilraum geringen Winkels übrig zu lassen. Als Folge wird ein Ölfilmdruck an diesem Keilraum erzeugt. Der erzeugte Ölfilmdruck verhindert den direkten Kontakt der Gleitflächen. Der Winkel dieses Keilraums ist durch den Vertiefungsrandabschnitt und eine elastische Verformung eines gegenüberliegenden Elements definiert, das bezüglich der Gleitfläche gleitet. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache haben die Erfinder das Verhältnis der Vertiefungsbreite **W** bezüglich der Vertiefungstiefe **D** optimiert.

[**0052**] Wenn das Verhältnis von **W/D** den gleichen Wert hat, ist es vorzuziehen, einen Querschnitt **WD** der Vertiefung zu verringern.

[**0053**] Die vorstehend beschriebene Kraftstoffeinspritzpumpe **10** arbeitet folgendermaßen.

[**0054**] Der Nocken **17** dreht sich gemäß der Drehung der Antriebswelle **14**. Der Nockenring **18** verursacht einen Umlauf um die Antriebswelle **14** gemäß der Drehung des Nockens **17**, obwohl der Nockenring **18** sich nicht um seine Achse dreht. Aufgrund des Umlaufs des Nockenrings **18**

gleiten der Nockenring **18** und der Kolben **70** aneinander. Der Kolben **17** bewegt sich hin und her.

[**0055**] Wenn der Kolben **17** sich von seinem oberen Totpunkt gemäß dem Umlauf des Nockenrings **18** absenkt, steuert das Elektromagnetventil die Kraftstoffmenge, die von einer (nicht gezeigten) Förderpumpe abgegeben wird. Der gesteuerte Kraftstoff strömt in die Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** über das Rückschlagventil **23** von dem Kraftstoffeinlassdurchgang **31**.

[**0056**] Nachdem er den unteren Totpunkt erreicht hat, hebt sich der Kolben **70** nach oben in Richtung des oberen Totpunkts an. Das Rückschlagventil **23** schließt sich. Der Kraftstoffdruck in der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** erhöht sich. Wenn der Kraftstoffdruck der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** den Kraftstoffdruck der Kraftstoffdurchgänge **41a** (oder **42a**) übersteigt, öffnet sich das Rückschlagventil **44**.

[**0057**] In dem Zylinderkopf **12** wird der druckbeaufschlagte Kraftstoff der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** über den Kraftstoffauslassdurchgang **32**, das Rückschlagventil **44** und die Kraftstoffkammer **33** zu dem Kraftstoffdurchgang **41a** abgegeben. Andererseits wird der druckbeaufschlagte Kraftstoff der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** des Zylinderkopfes **13** über den Kraftstoffauslassdurchgang **32**, das Rückschlagventil **44** und die Kraftstoffkammer **33** zu dem Kraftstoffdurchgang **42a** abgegeben. Der druckbeaufschlagte Kraftstoff der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** des Zylinderkopfes **13** strömt in die Kraftstoffkammer **33** des Zylinderkopfes **12** und vereint sich mit dem aus der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** des Zylinderkopfes **12** abgegebenen druckbeaufschlagten Kraftstoff. Der druckbeaufschlagte Kraftstoff der Kraftstoffkammer **33** wird dann der gemeinsamen Leitung (common rail) über den Kraftstoffdurchgang **41a** zugeführt. Genauer gesagt vereinigt sich der aus dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** des Zylinderkopfes **12** abgegebene Kraftstoff nicht direkt mit dem aus dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** des Zylinderkopfes **13** abgegebenen Kraftstoff in dem Pumpengehäuse. Der druckbeaufschlagte Kraftstoff in dem Kraftstoffauslassdurchgang **32** des Zylinderkopfes **13** wird einmal aus dem Pumpengehäuse über ein (nicht gezeigtes) Kraftstoffrohr abgegeben und strömt in die Kraftstoffkammer **33** und vereint sich mit dem druckbeaufschlagten Kraftstoff, der von der Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer **30** des Zylinderkopfes **12** abgegeben wird.

[**0058**] Die gemeinsame Leitung (common rail), die als ein Sammler dient, speichert den druckbeaufschlagten Kraftstoff, der von der Kraftstoffeinspritzpumpe **10** zugeführt wird und unterdrückt die Schwankung des Kraftstoffdrucks. Der Kraftstoffdruck wird auf einem vorbestimmten konstanten Hochdruckniveau in der gemeinsamen Leitung gehalten. Der Hochdruckkraftstoff wird dann in eine (nicht gezeigte) Einspritzvorrichtung von der gemeinsamen Leitung gefördert.

[**0059**] Wie vorstehend beschrieben ist, sind gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** an der Endfläche **71a** des Kolbenkopfes **71** ausgebildet. Die ersten Vertiefungen **511** der ersten Vertiefungsanordnung **51** erstrecken sich in eine Richtung, die von der Gleitrichtung verschieden ist. Die zweiten Vertiefungen **521** der zweiten Vertiefungsanordnung **52** erstrecken sich in eine andere Richtung, die von der Gleitrichtung verschieden ist. So wird der Schmierkraftstoff sicher der Gleitfläche **72** von zumindest einer dieser verschiedenen Richtungen zugeführt. Des weiteren sieht das Zerschneiden der Endfläche **71a** des Kolbenkopfes **71** durch die erste Vertiefungsanord-

nung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** eine Vielzahl von Gleitflächen **72** vor, die jeweils einen kleineren Flächeninhalt haben. Eine sich ergebende kleine Gleitfläche **72** kann den Schmierkraftstoff von verschiedenen Richtungen aufnehmen. Das treibt die Ausbildung des Ölfilms an jeder Gleitfläche **72** voran. Auch wenn des weiteren ein Fremdkörper **2** in der Vertiefung in der Nähe einer Gleitfläche **72** fest hängt bzw. liegt, kann der Schmierkraftstoff sicher über einen angrenzenden Umwegdurchgang zu dieser Gleitfläche **72** zugeführt werden. Der Fremdkörper **2** wird rasch bzw. bald durch die Strömung des von verschiedenen Richtungen ankommenden Kraftstoffs entfernt. Dem gemäß wird es möglich, zu verhindern, dass die Gleitfläche **72** einem Festfressen aufgrund einem Mangel an Schmierkraftstoff ausgesetzt wird. Das Kraftstoffdruckniveau der Kraftstoffeinspritzpumpe kann erhöht werden.

[0060] Gemäß dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel sind die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** durch Laserbearbeitung, durch Ätzen, oder durch jedes andere nicht kostenintensive Verfahren ausgebildet. Es ist daher nicht notwendig, eine kostenintensive Keramikbeschichtung an der Gleitfläche des Kolbens **70** und an der Gleitfläche des Nockenrings **18** anzubringen. Die Druckbeaufschlagungsfähigkeit der Kraftstoffeinspritzpumpe kann ohne Erhöhen der Herstellungskosten verbessert werden.

[0061] Gemäß dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel kreuzen die erste Vertiefungsanordnung **51** und die zweite Vertiefungsanordnung **52** sich einander bei einem rechten Winkel. Wenn beispielsweise die Neigung der Vertiefungsanordnung **51** oder **52** näher an der Gleitrichtung ist, wird die Vertiefungsanordnung **51** oder **52** in der Lage sein, eine starke Kraftstoffströmung zuzuführen, die erforderlich ist, um einen Fremdkörper **2** zu entfernen, der in der Vertiefung liegt. Für diesen Fall ist die Neigung der anderen Vertiefungsanordnungen **52** oder **51** nahezu senkrecht zu der Gleitrichtung, wobei die andere Vertiefungsanordnung **52** oder **51** in der Lage sein wird, eine ausreichende Kraftstoffmenge zum Ausbilden eines Ölfilms an der Gleitfläche **72** zuzuführen.

[0062] Obwohl dies nicht gezeigt ist, ist es verständlich, dass die Vertiefungen **511** und **521** dieses Ausführungsbeispiels an einer Gleitfläche des Nockenrings **18** ausgebildet werden können, an der der Kolben **70** gleitfähig in Kontakt mit dem Nockenring **18** gebracht ist.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0063] Fig. 6 zeigt eine Endfläche (insbesondere eine Gleitfläche) **73a** des Kolbenkopfes **71**, der bei der Kraftstoffeinspritzpumpe **10** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0064] Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel dahingehend, dass ein Durchquerungswinkel bzw. ein Durchkreuzungswinkel zwischen der ersten Vertiefungsanordnung **51** und der zweiten Vertiefungsanordnung **52** nicht ein rechter Winkel (insbesondere 90°) ist.

[0065] Der Rest des zweiten Ausführungsbeispiels ist demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels gleich.

[0066] Wie vorstehend bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben ist, dreht sich der Kolben **70** in eine Umfangsrichtung, während der Kolben **70** bezüglich des Nockenrings **18** gleitet. Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel sind die ersten Vertiefungen **511** der ersten Vertiefungsanordnung **51** nicht senkrecht aber durchqueren die zweiten Vertiefungen **521** der zweiten Vertiefungsanordnung **52**. Die sich ergebenden Gleitflächen **73** haben eine

Diamantform oder eine Rhombenform und können den Schmierkraftstoff von verschiedenen Richtungen aufnehmen. Das treibt die Ausbildung des Ölfilms an jeder Gleitfläche **73** voran. Auch wenn des weiteren ein Fremdkörper in einer Vertiefung in der Nähe einer Gleitfläche **73** liegt, kann der Schmierkraftstoff sicher über einen angrenzenden Umwegdurchgang zu dieser Gleitfläche **73** zugeführt werden. Der Fremdkörper wird rasch bzw. bald durch die Kraftstoffströmung entfernt, die von verschiedenen Richtungen ankommt. Dem gemäß wird es möglich, zu verhindern, dass die Gleitfläche **73** einem Festfressen aufgrund eines Mangels an Schmierkraftstoff ausgesetzt wird. Das Kraftstoffdruckniveau der Kraftstoffeinspritzpumpe kann erhöht werden.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0067] Fig. 7 zeigt eine Endfläche (insbesondere eine Gleitfläche) **74a** eines Kolbenkopfes **71**, der bei der Kraftstoffeinspritzpumpe **10** gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

[0068] Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel dahingehend, dass insgesamt drei Arten von Vertiefungsanordnungen an der Endfläche **74a** des Kolbenkopfes **71** ausgebildet sind. Eine erste Vertiefungsanordnung **61** besteht aus ersten Vertiefungen **611**, die parallel zueinander angeordnet sind. Eine zweite Vertiefungsanordnung **62** besteht aus zweiten Vertiefungen **621**, die parallel zueinander angeordnet sind. Eine dritte Vertiefungsanordnung **63** besteht aus dritten Vertiefungen **631**, die parallel zueinander angeordnet sind. Ein Durchquerungswinkel zwischen zwei der ersten bis dritten Vertiefungsanordnungen **61**, **62** und **63** beträgt im Wesentlichen 60°.

[0069] Die Abmessungen der jeweiligen Vertiefungen **611**, **621** und **631** einschließlich dem Intervall **P**, der Tiefe **D** und der Breite **W** sind denjenigen von **511** und **521** der Vertiefungen gleich, die in dem ersten Ausführungsbeispiel offenbart sind.

[0070] Der Rest des dritten Ausführungsbeispiels ist demjenigen des ersten Ausführungsbeispiels gleich.

[0071] Das dritte Ausführungsbeispiel hat Wirkungen, die denjenigen des ersten und des zweiten Ausführungsbeispiels ähnlich sind.

[0072] Der Nockenring **18** und der Kolben **70** haben somit die Gleitflächen zum Gestatten einer wechselseitigen Gleitbewegung zwischen ihnen. Zumindest eine von den Gleitflächen ist mit der ersten Vertiefungsanordnung **51** und der zweiten Vertiefungsanordnung **52** versehen, die einander bei einem vorbestimmten Durchquerungswinkel durchqueren.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzpumpe mit:
einem Pumpengehäuse (**11**, **12**, **13**) mit einem Zylinder (**12a**, **13a**), der darin ausgebildet ist;
einem bewegbaren Element (**70**), das in dem Zylinder (**12a**, **13a**) zum Druckbeaufschlagen eines in eine Kraftstoffdruckbeaufschlagungskammer (**30**) eingeführten Kraftstoffs hin und her bewegbar ist;
einem Nocken (**17**), der gemeinsam mit der Antriebswelle (**14**) drehbar ist; und
einem Nockenring (**18**), der um den Nocken (**17**) angeordnet ist und gleitfähig in Kontakt mit dem bewegbaren Element (**70**) gebracht ist, um zu verursachen, dass sich das bewegbare Element (**70**) in dem Zylinder (**12a**, **13a**) gemäß der Drehung des Nockens (**17**) hin und her bewegt,

- wobei der Nockenring (18) und das bewegbare Element (70) Gleitflächen zum Gestatten einer wechselseitigen Gleitbewegung zwischen dem Nockenring (18) und dem bewegbaren Element (70) haben; und
 zumindest entweder die Gleitflächen des Nockenrings (18) oder des bewegbaren Elements (70) mit einer ersten Vertiefungsanordnung (51) und einer zweiten Vertiefungsanordnung (52) versehen sind, die einander durchqueren. 5
2. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 die erste Vertiefungsanordnung (51) erste parallele Vertiefungen (511) und die zweite Vertiefungsanordnung (52) zweite parallele Vertiefungen (521) aufweist, und
 wobei sich die ersten parallelen Vertiefungen (511) der ersten Vertiefungsanordnung (51) und die zweiten parallelen Vertiefungen (521) der zweiten Vertiefungsanordnung (52) miteinander bei einem vorbestimmten Durchquerungswinkel schneiden. 10
3. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten parallelen Vertiefungen (511) der ersten Vertiefungsanordnung (51) senkrecht zu den zweiten parallelen Vertiefungen (521) der zweiten Vertiefungsanordnung (52) sind. 15
4. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Vertiefungsanordnung (63), die aus dritten parallelen Vertiefungen (631) besteht, zusätzlich zu den ersten und zweiten Vertiefungsanordnungen (61, 62) an zumindest entweder den Gleitflächen des Nockenrings (18) oder des bewegbaren Elements (70) vorgesehen ist. 20 25 30
5. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Intervall (P) der parallelen Vertiefungen kleiner als ein wechselseitiger Gleitabstand (S) zwischen dem bewegbaren Element (70) und dem Nockenring (18) ist. 35
6. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Intervall (P) so gesetzt ist, dass es kleiner oder gleich einer Hälfte des Gleitabstands (S) ist. 40
7. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungsanordnungen eine Beziehung $A/(A + a) > 1/2$ erfüllen, wobei "A" eine Gesamtfläche von nicht zu den Vertiefungen gehörenden Abschnitten und "a" eine Gesamtfläche der Vertiefungen darstellt. 45
8. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jede Vertiefung, die die jeweiligen Vertiefungsanordnungen bildet, eine Breite W und eine Tiefe D hat, die eine Beziehung $D \leq W \leq 100D$ erfüllt. 50
9. Kraftstoffeinspritzpumpe gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzpumpe auf ein Kraftstoffeinspritzsystem der Common-Rail-Bauart (Bauart mit gemeinsamer Leitung) eines Dieselveerbrennungsmotors angewendet wird. 55

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1

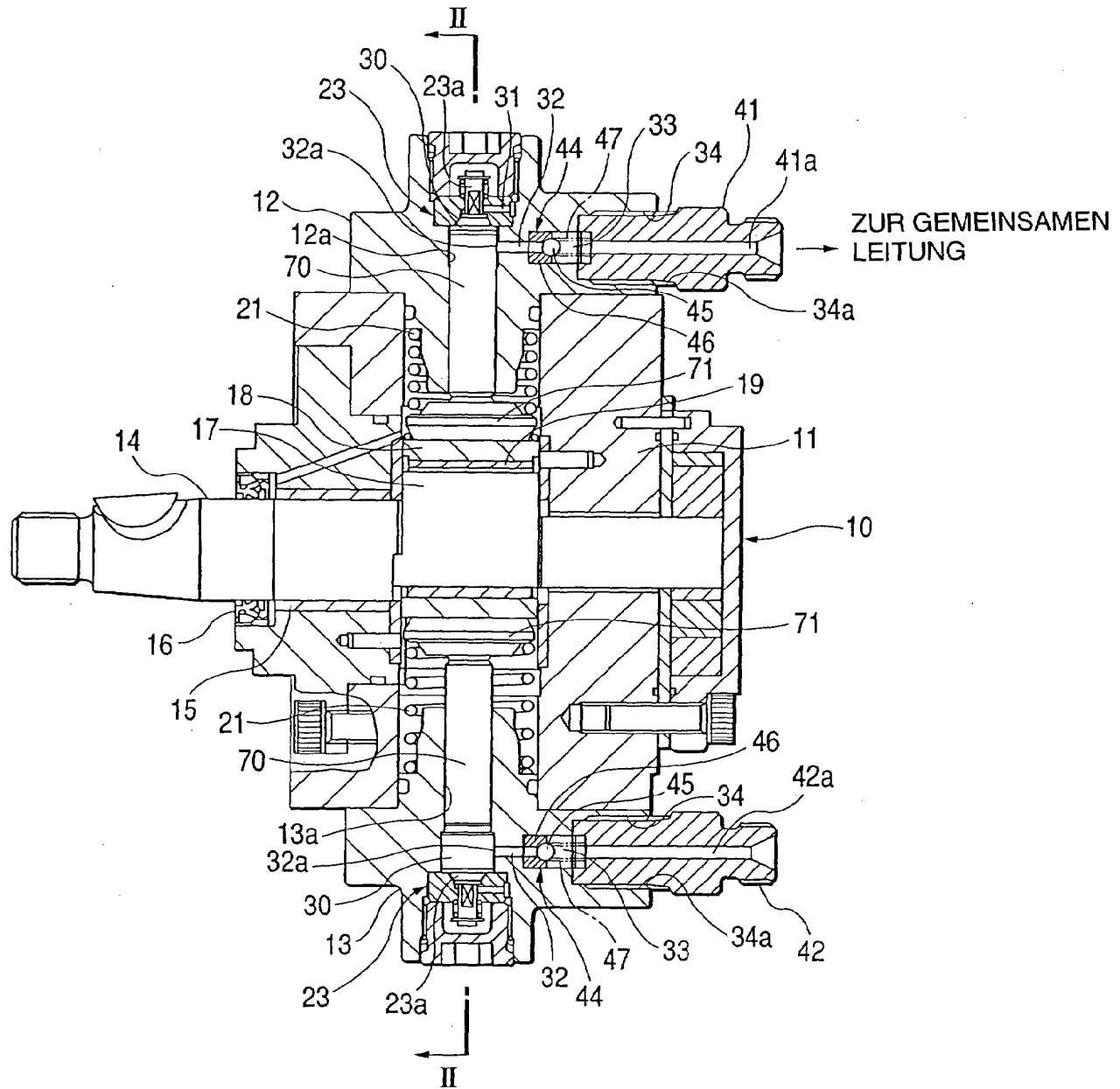


FIG. 2

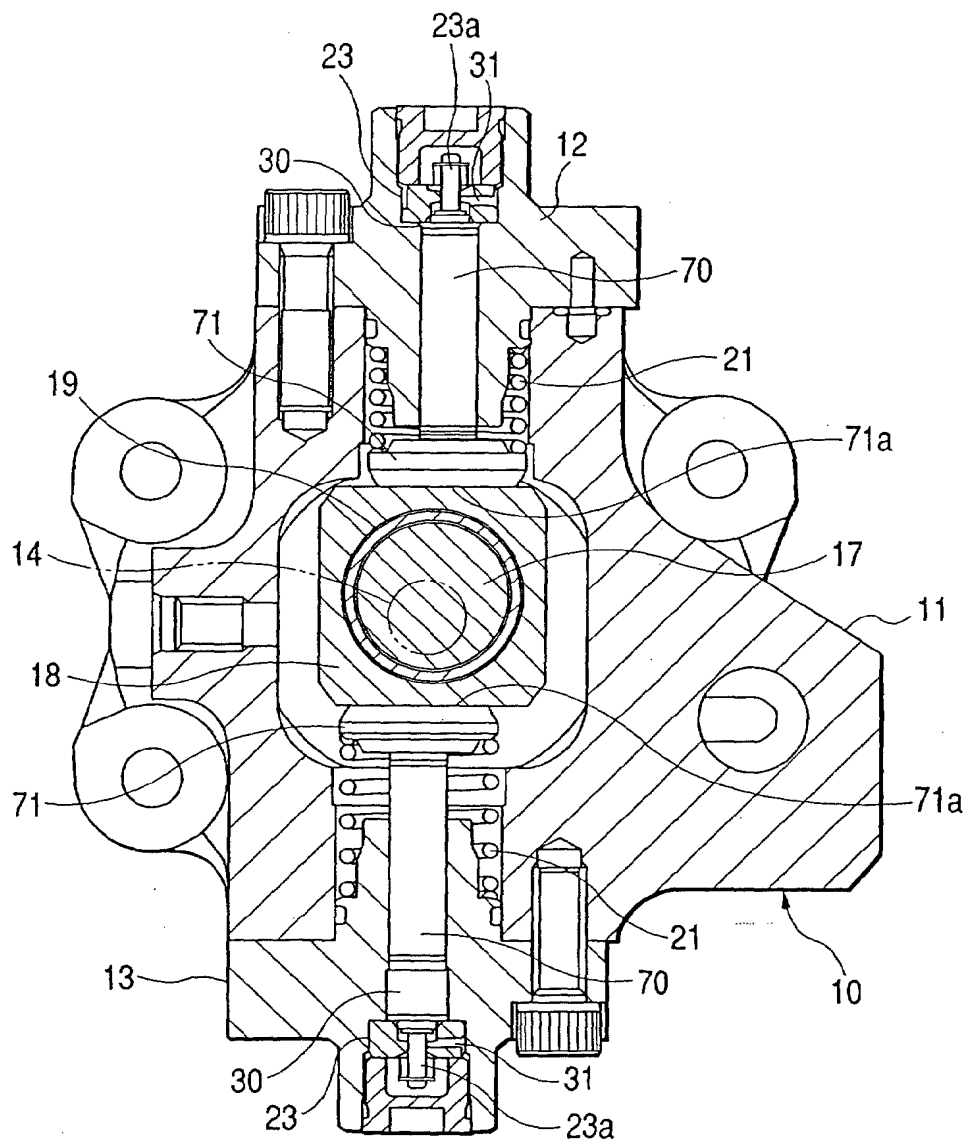


FIG. 3

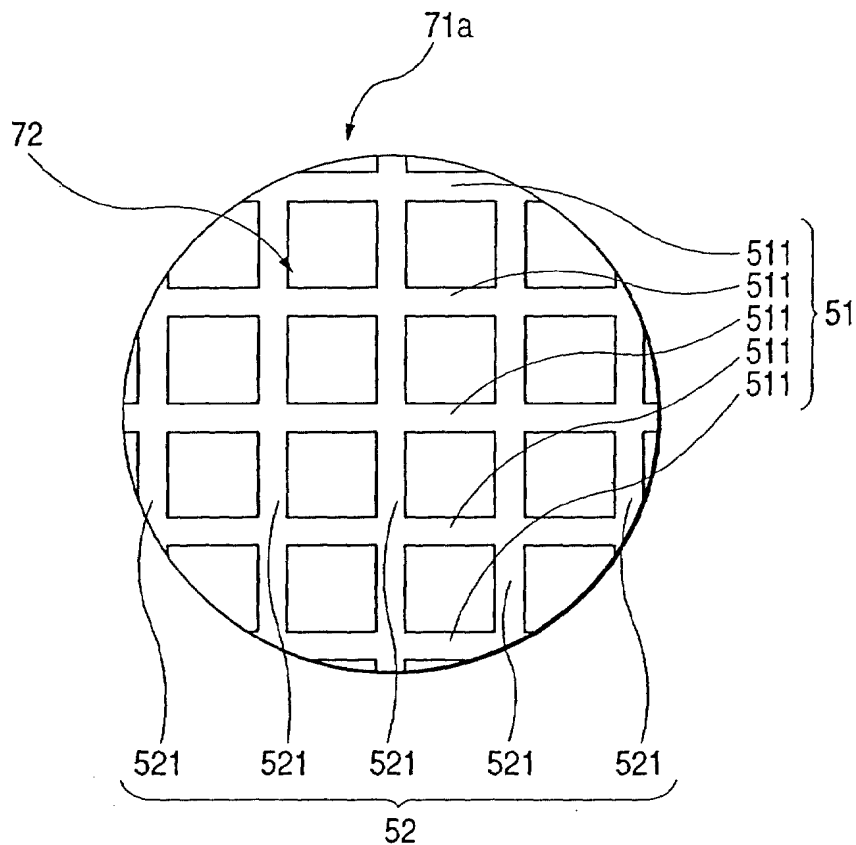


FIG. 4A

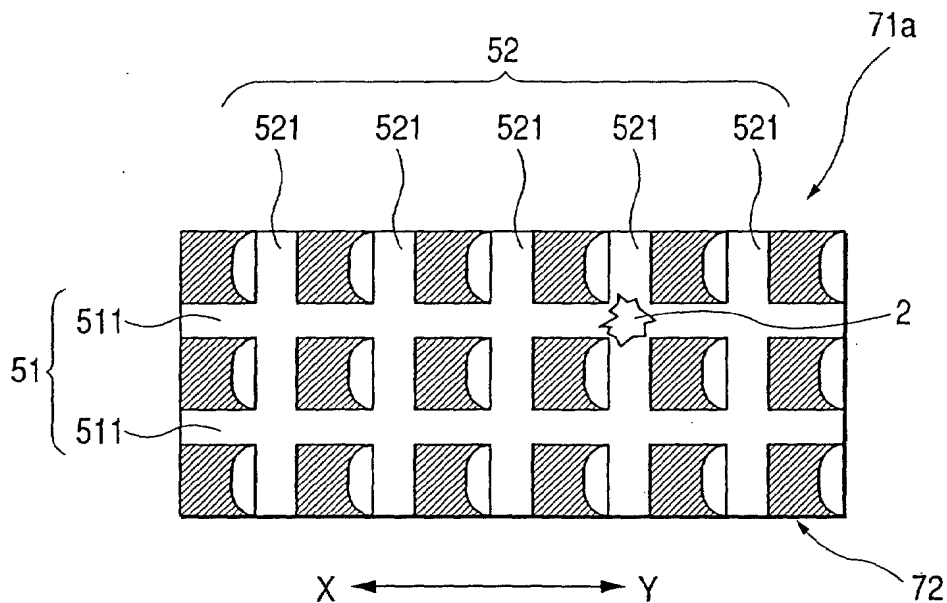


FIG. 4B

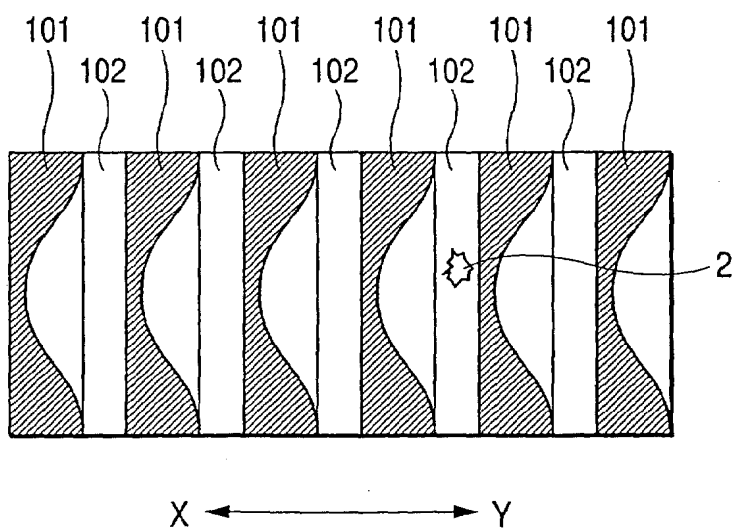


FIG. 5

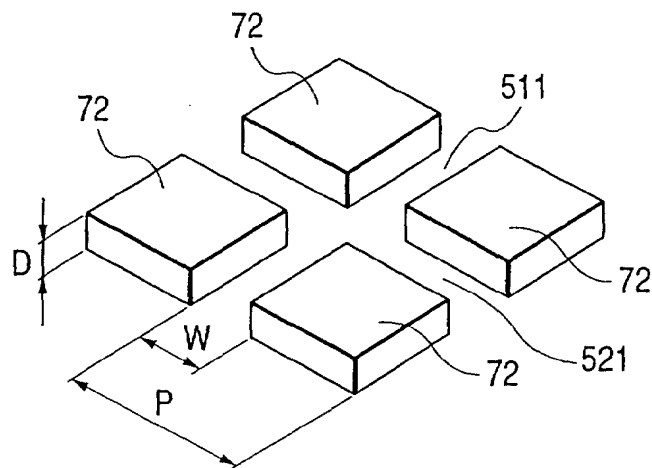


FIG. 6

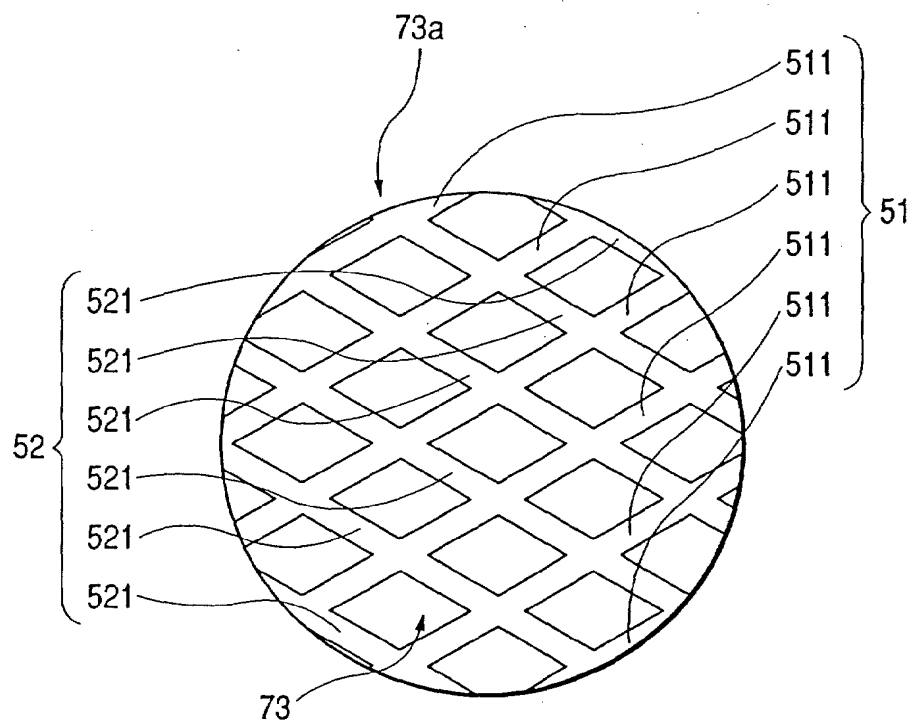


FIG. 7

